

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Patentschrift  
⑯ DE 44 14 429 C 1

⑮ Int. Cl. 6:

F02B 47/08

F 02 M 25/07

F 28 F 21/00

P 800 780 / DE 1A

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:

MTU Motoren- und Turbinen-Union Friedrichshafen  
GmbH, 88045 Friedrichshafen, DE

⑯ Erfinder:

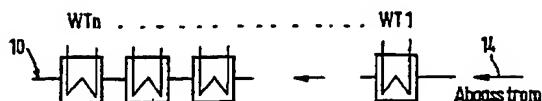
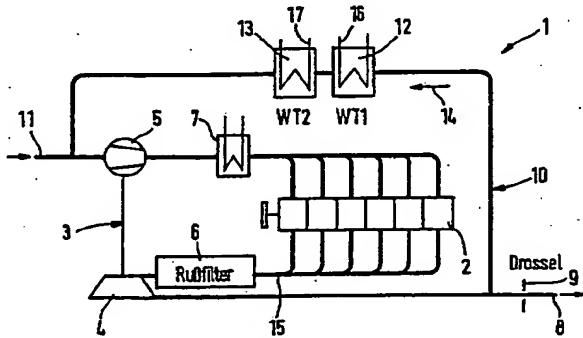
Schönfeld, Dieter, Dipl.-Ing., 88677 Markdorf, DE;  
Schmidt, Ralph-Michael, Dr.-Ing., 88085  
Langenargen, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 40 20 357 A1

⑯ Verfahren zur Kühlung von dieselmotorischen Abgasen

⑯ Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine geeignete Vorrichtung zur Kühlung von dieselmotorischen Abgasen in einer Abgasrückführung. Um bei einer Abkühlung des heißen Abgasstroms über einen großen Temperaturbereich eine Verschmutzung des Wärmetauschers sowie eine dadurch notwendige Regenerierung desselben vermeiden zu können, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, die Abkühlung des heißen Abgasstroms in mindestens zwei Schritten dadurch vorzunehmen, daß zwei jeweils an den entsprechenden Abkühltemperaturbereich angepaßte Wärmetauscher (12, 13) nacheinander von dem Abgasstrom durchströmt werden. Durch die Anpassung der Wärmetauscher an spezielle kleine Temperaturbereiche, können selbst heiße Abgasströme von bis zu 800°C durch die Aneinanderreihung einer entsprechenden Zahl von unterschiedlichen Wärmetauschern auf eine gewünschte niedrige Temperatur abgekühlt werden, ohne wesentliche Verunreinigungen der Abgaskühlvorrichtung durch Abgaspartikel zu verursachen. Durch die Verwendung bereits bekannter Wärmetauscher (12, 13) gestaltet sich die Ausbildung der vorgeschlagenen Abgaskühlung als besonders kostengünstig.



DE 44 14 429 C1

DE 44 14 429 C1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kühlung von dieselmotorischen Abgasen in einer Abgasrückführung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie eine Vorrichtung zur Durchführung der Kühlung gemäß Patentanspruch 3.

Ein nach dem genannten Verfahren arbeitendes Abgasführungssystem mit Kühleinrichtung ist beispielsweise aus der DE 40 20 357 A1 bekannt. Darin wird vorgeschlagen, einen Wärmetauscher oder eine Mischeinrichtung in Strömungsrichtung nach der Reinigungsvorrichtung in einem geeigneten Bereich der Abgasleitung anzubringen. Mit der vorgesehenen Verdünnung der heißen Abgase mit Kühl Luft wird eine wirkungsvolle Abkühlung der Abgase und damit das Auftreten von Überhitzungsschäden vermieden.

Aufgrund der auftretenden hohen Abgastemperaturen werden daher die zur Abkühlung der dieselmotorischen Abgase mit dem heißen Abgasstrom in Kontakt kommenden Wärmetauscherteile oder Triebteinrichtungen aus hochtemperaturfesten Stählen hergestellt. Ferner treten bei einer Abgasabkühlung auf Temperaturen unter 250°C eine Kondensation saurer Abgasbestandteile sowie Ablagerungen von Abgasbestandteilen an den Wärmetauschervänden auf, welche zu einer Verschlechterung des Wirkungsgrads und schließlich zu einer Verstopfung des Wärmetauschers führen. Eine Reinigung des Wärmetauschers von den sich an den Rohrwänden anlagernden Partikeln und, unabhängig von der Bauart des Wärmetauschers, derartiger Ablagerungen, ist nur unter sehr großem Aufwand durchzuführen.

Insbesondere führen die sauren Bestandteile des Kondensats zu einer korrosiven Schädigung des Wärmetauschers.

Um diesen unerwünschten Verunreinigungen des Wärmetauschers entgegenzuwirken, ist es bekannt, die mit dem Abgasstrom in Kontakt stehenden Bauteile des Wärmetauschers aus korrosionsbeständigen Metallen zu fertigen, welche besonders korrosionsbeständig gegenüber der beispielsweise gebildeten schwefeligen Säure ist. Durch diese Vorkehrung kann eine Verschmutzung von Wärmetauschern, welche von einem 500°—700°C heißen Abgasstrom durchströmt werden, verhindert werden. Sinkt jedoch die Abgastemperatur auf Temperaturen unter 250°C, ist eine unverändert starke Adhäsionsneigung der Abgaspartikel zu verzeichnen.

Um der Adhäsionsneigung in diesem Temperaturbereich des Abgasstroms entgegenzuwirken ist es ferner bekannt, die abgasführenden Röhre des Wärmetauschers mit einem geeigneten Kunststoff zu beschichten, bzw. die Röhre selbst z. B. aus Polytetrafluoräthylen (bekannt auch unter dem ges. gesch. Warenzeichen Teflon®) herzustellen.

Obwohl mit Hilfe der bekannten Maßnahmen jeweils eine Verschmutzung des Wärmetauschers in dem vorgesehenen Temperaturbereich des Abgasstromes wirkungsvoll verhindert werden kann, besteht doch der Nachteil, daß in tatsächlichen Betriebseinsätzen von Dieselmotoren der Abgasstrom in der Abgasrückführung je nach Einsatzbedingungen und Leistungsabgabe des Motors innerhalb eines solch großen Temperaturbereichs schwankt, welcher von keinem der bekannten Wärmetauschern abgedeckt ist. Infolgedessen kommt es bei Motorbetriebszuständen mit einer Abgastemperatur, welche außerhalb des Einsatztemperaturbereichs des verwendeten Wärmetauschers liegen, zu

unverändert starken Verschmutzungen und Beschädigungen des Wärmetauschers.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung zur Kühlung des Abgases aufzuzeigen, welche Verschmutzungen und Beschädigungen zuverlässig verhindern und die einfach und kostengünstig zu realisieren sind.

Diese Aufgabe wird bei einer gattungsgemäßen Einrichtung verfahrensmäßig durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 und vorrichtungsmäßig durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 3 gelöst.

Wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Abkühlung des heißen Abgasstromes in mindestens zwei Schritten ist die damit erreichte Unterteilung der gesamten Abkühltemperaturdifferenz in einzelne Temperaturbereiche. Da die Abkühltemperaturdifferenz in diesen einzelnen Bereichen jeweils kleiner ist als bei der bisher angewandten Abgasabkühlung auf Ausgangstemperatur, wird erfindungsgemäß die Möglichkeit geschaffen, mehrere, jeweils an einen bestimmten Temperaturbereich speziell angepaßte Wärmetauscher hintereinanderschalten zu können, um so die Bildung von Verschmutzungen und/oder Korrosionsschäden in den Wärmetauschern zu verhindern.

Aufgrund der Strömungsrichtung des Abgasstromes nehmen die Temperatur-Niveaus der einzelnen Abkühl-Temperaturbereiche in Strömungsrichtung ab, so daß der Abgasstrom schließlich auf eine Temperatur unter 250°C abgekühlt ist, bevor er dem letzten Abkühlschritt zugeführt wird. Bei entsprechender Wahl der einzelnen Temperaturbereiche können zweckmäßigerweise zwei oder mehrere herkömmliche Wärmetauscher in Reihe hintereinander in den Abgasrückführstrom geschaltet werden, woraus sich ein äußerst einfacher und infolgedessen kostengünstiger Aufbau der erfindungsgemäßen Vorrichtung ergibt.

Aus der Vielzahl der bereits bekannten Wärmetauscher scheinen hierzu insbesondere werkstoff- und/oder beschichtungsmäßig jeweils für den Einsatz in einem bestimmten Temperaturbereich angepaßte Wärmetauscher als besonders geeignet. Bevorzugte Materialien derartiger Wärmetauscher sind hochtemperaturfeste Stähle oder Titan sowie mit geeigneten Kunststoffmaterialien beschichtete Teile aus diesen Materialien.

Grundsätzlich ist eine Hintereinanderschaltung einer Vielzahl von Wärmetauschern denkbar, welche jeweils einzelnen Verschmutzungsneigungen in den entsprechenden Abkühltemperaturbereichen entgegenwirken.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung in der Zeichnung dargestellt und unter Bezug darauf näher beschrieben. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Abgasführung einer aufgeladenen Brennkraftmaschine mit Abgasrückführung und

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer möglichen Anordnung mehrerer Wärmetauscher in den rückgeföhrt Abgasstrom.

In Fig. 1 wird die Abgasführung eines aufgeladenen Dieselmotors 2 gezeigt. Zur Aufladung des Dieselmotors 2 dient ein Abgasturbolader 3, dessen Verdichter 5 mit der Frischluftzufuhr 11 verbunden ist, und welcher von einer Ab gasturbine 4 angetrieben wird. Die mittels des Verdichters 5 komprimierte Ladeluft durchströmt in dem dargestellten Ausführungsbeispiel zunächst einen Ladeluftkühler 7 bevor sie über entsprechende Einlauf-

leitungen in die Brennräume des Dieselmotors 2 aufgeteilt wird. Die Verbrennungsabgase des Dieselmotors 2 werden in einer Abgassammelleitung 15 zusammengeführt und durch ein Rußfilter 6 geleitet.

Der von Rußpartikeln gereinigte heiße Abgasstrom wird anschließend an den Rußfilter 6 über der Abgasturbine 4 entspannt und verlässt durch die Austrittsleitung 8 die Abgasführung.

In der Austrittsleitung 8 sind ferner ein Drosselventil 9 und stromaufwärts davon eine Abzweigung der Abgasrückführung 10 vorgesehen. Dabei wird die Größe des Abgasrückführstroms über die Stellung der Drossel 9 geregelt. Beispielsweise ist diese Drossel 9 bei Betriebszuständen mit geringer Leistungsabgabe verhältnismäßig weit geschlossen, so daß ein großer Abgasrückführstrom durch die Abgasrückführung 10 der Frischluft zugemengt und als Ladeluft erneut dem Dieselmotor zugeführt wird. In die Abgasrückführung 10 sind, bei diesem Ausführungsbeispiel, zwei Wärmetauscher 12, 13 geschaltet, welche nacheinander in Strömungsrichtung 15 von dem heißen Abgasstrom durchströmt werden.

Die von der Abgasturbine 4 kommenden, bis 700°C heißen Abgase gelangen zunächst in den Wärmetauscher 12, worin sie auf eine Temperatur unter 250°C abgekühlt werden, und die von dem Abgasstrom im Wärmetauscher 12 abgegebene Wärmemenge von dessen Kühlmittelkreislauf 16 aufgenommen wird. Die abgasführenden Rohre des Wärmetauschers 1 bestehen aus hochtemperaturfestem korrosionsbeständigem Stahl, um der extremen Belastung durch die hohen Abgastemperaturen standhalten zu können.

Von dem Wärmetauscher 12 aus gelangt der nunmehr auf eine Temperatur von höchstens 250°C abgekühlte Abgasstrom in den nachfolgenden Wärmetauscher 13 indem der Abgasstrom auf die gewünschte Zumischtemperatur abgekühlt wird, bevor er mit der Frischluft vermischt wird.

Der Wärmetauscher 13 ist speziell an den Einsatz bei Abgastemperaturen unterhalb 250°C angepaßt. Er besteht aus polytetrafluoräthylen- oder zumindestens polytetrafluoräthylenbeschichteten Rohren, die eine Adhäsion der Partikeln im Abgasstrom besonders wirkungsvoll verhindern. Grundsätzlich können hierfür alle Materialien mit vergleichbaren Eigenschaften eingesetzt werden.

Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Abgaskühlung, bei dem eine Vielzahl von Wärmetauschern hintereinandergeschaltet sind, die von einem und demselben Abgasstrom durchströmt werden. Erfindungswesentlich hierbei ist, daß jeder einzelne Wärmetauscher speziell zur Verhinderung einer in einem bestimmten Temperaturbereich auftretenden Verschmutzung durch einen bestimmten Abgasbestandteil des Abgasstroms dient. Um die Verschmutzungen zu verhindern, können die einzelnen Wärmetauscher aus dazu geeigneten Werkstoffen bestehen oder entsprechend geeignete Beschichtungen aufweisen.

Wie bereits oben erwähnt, eignet sich Polytetrafluoräthylen (PTFE; auch bekannt als Teflon®) besonders gut als Beschichtungsmaterial, da es bekanntermaßen ein Anhaften von Abgasbestandteilen verhindert. Da PTFE jedoch eine Diffusion des Abgases durch die Beschichtung hindurch auf das Wärmetauschergrundmaterial zuläßt, kann es in einzelnen Abkühl-Temperaturbereichen zweckmäßig sein, das Trägermaterial aus korrosionresistenten Werkstoffen zu fertigen. Hier bietet sich, wie oben erwähnt, reines Titan an, das über eine sehr hohe

Korrosionsbeständigkeit besonders gegenüber der bei der Abkühlung der dieselmotorischen Abgase zu schwefligen Säuren kondensierenden sauren Abgasbestandteile verfügt.

Mit der erfundungsgemäßen Vorrichtung zur Abgasabkühlung wird eine in zwei oder mehrere Temperaturbereiche unterteilte etappenweise Abkühlung des rückgeführten Abgasstromes vorgeschlagen, welche die bisher auftretende Verschmutzung der zur Abkühlung verwendeten Wärmetauscher dadurch verhindert, daß speziell an die jeweiligen Abkühltemperaturbereiche angepaßte einzelne Wärmetauscher mit abfallenden Einsatztemperaturbereichen hintereinander geschaltet werden. Da bereits eine Vielzahl von jeweils in einem bestimmten Temperaturbereich optimal arbeitenden Wärmetauschern bekannt ist, kann mittels der erfundungsgemäßen Lösung durch geeignete Auswahl entsprechender Wärmetauscher eine einfache und kostengünstige Abgaskühlung in der Abgasrückführung realisiert werden.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Abgasführung
- 2 Dieselmotor
- 3 Abgasturbolader
- 4 Turbine
- 5 Verdichter
- 6 Rußfilter
- 7 Ladeluftkühlung
- 8 Austrittsleitung
- 9 Drossel
- 10 Abgasrückführung
- 11 Frischluftzuführung
- 12 Wärmetauscher
- 13 Wärmetauscher
- 14 Strömungsrichtung
- 15 Abgassammelleitung
- 16 Kühlmittelkreislauf
- 17 Kühlmittelkreislauf

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Kühlung von dieselmotorischen Abgasen in einer Abgasrückführung, bei dem das von den Zylindern kommende heiße Abgas zunächst abgekühlt wird, bevor es ansaugseitig dem Frischluft-Zuluftstrom zugemischt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Abkühlung des heißen Abgasstroms in mindestens zwei aufeinanderfolgenden Schritten vorgenommen wird, wobei der Abgasstrom in jedem Abkühlsschritt auf eine vorbestimmte Temperatur abgekühlt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Abgasstrom mindestens auf eine Temperatur unter 250°C abgekühlt wird, bevor er dem letzten Abkühlsschritt zugeführt wird.
3. Vorrichtung zur Kühlung von dieselmotorischen Abgasen in einer Abgasrückführleitung mittels Wärmetauscher, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Wärmetauscher (12, 13) bezüglich des Abgasstroms hintereinandergeschaltet sind, wobei jeder Wärmetauscher (12, 13) an einen vorbestimmten Einsatz-Temperaturbereich angepaßt ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmetauscher werkstoff- und/oder beschichtungsmäßig jeweils für den Einsatz in einem vorbestimmten Temperaturbereich angepaßt sind.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei mindestens einem Wärmetauscher (12, 13) die abgasführenden Teile aus hochtemperaturfesten, korrosionsbeständigen Materialien geformt sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß abgasführende Rohre der Wärmetauscher aus Titan geformt sind.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Wärmetauscher mit kunststoffbeschichteten abgasführenden Teilen vorgesehen ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die abgasführenden Teile mit Polytetrafluoräthylen (PTFE) beschichtet sind.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß abgasführende Rohre aus Polytetrafluoräthylen (PTFE) bestehen.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**

FIG. 1

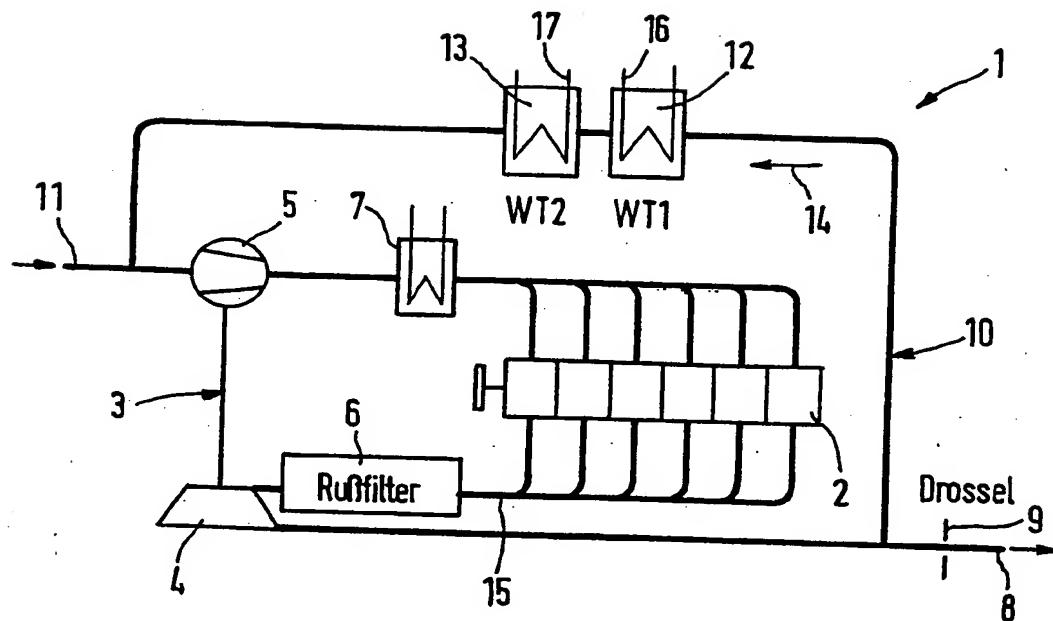


FIG. 2

